

## NOZZLE PLATE OF INK-JET PRINTER

**Publication number:** JP10291317

**Publication date:** 1998-11-04

**Inventor:** MURTHY ASHOK; KOMPLIN STEVEN ROBERT; CORNELL ROBERT WILSON; POWERS JAMES HAROLD; KAUFMAN MICAH ABRAHAM; GIBSON BRUCE DAVID

**Applicant:** LEXMARK INT INC

**Classification:**

- **International:** B41J2/135; B41J2/14; B41J2/16; B41J2/135; B41J2/14; B41J2/16; (IPC1-7): B41J2/135  
- **European:** B41J2/14B2G; B41J2/14G; B41J2/16B2; B41J2/16M1; B41J2/16M5L; B41J2/16M7S

**Application number:** JP19980123833 19980330

**Priority number(s):** US19970827242 19970328

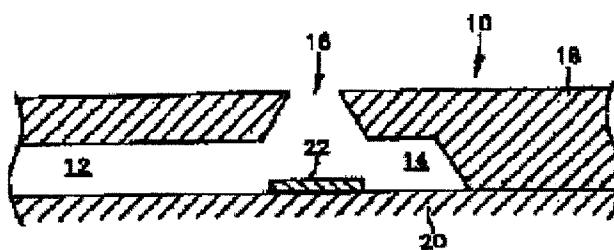
**Also published as:**

EP0867292 (A2)  
US6158843 (A1)  
EP0867292 (A3)

[Report a data error here](#)

### Abstract of JP10291317

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To decrease interferences between projection chambers of a thermal ink-jet printing head and improve a flow characteristic of ink, by constituting a nozzle plate of a polymer or polymeric material having sufficient thickness to form an ink feed path connected to an ink feed area and feeding ink to the projection chambers. **SOLUTION:** After a flow feature and a nozzle hole 16 are formed of a polymeric material 18, a nozzle plate 10 is set to a semiconductor substrate 20 including an ink propeller device 22 such as a resistor heating ink in a projection chamber 14, etc. When the ink is heated by the ink propeller device 22 of a resistor type, components of the ink are evaporated rapidly to generate bubbles of steam. The bubbles formed in the projection chamber 14 press a part of the ink out from the projection chamber 14 through the nozzle hole 16. The ink collides against the semiconductor substrate 20. Since the bubbles of steam expand quickly in all directions, the bubbles extrude the ink also from a feed path 12.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



**Family list****6** family members for: **JP10291317**

Derived from 4 applications

[Back to JP1029](#)**1 Ink jet printer nozzle plates**

**Inventor:** MURTHY A (US); KOMPLIN S R (US); **Applicant:** LEXMARK INT INC (US)  
(+1)  
**EC:** B41J2/14B2G; B41J2/14G; (+4) **IPC:** *B41J2/135; B41J2/14; B41J2/16* (+4)

**Publication info:** **CN1103688C C** - 2003-03-26  
**CN1196298 A** - 1998-10-21

**2 Ink jet printer nozzle plates**

**Inventor:** MURTHY ASHOK (US); POWERS JAMES HAROLD (US); (+4)  
**EC:** B41J2/14B2G; B41J2/14G; (+4) **IPC:** *B41J2/135; B41J2/14; B41J2/16* (+5)

**Publication info:** **EP0867292 A2** - 1998-09-30  
**EP0867292 A3** - 1999-08-11

**3 NOZZLE PLATE OF INK-JET PRINTER**

**Inventor:** MURTHY ASHOK; KOMPLIN STEVEN ROBERT; (+4)  
**EC:** B41J2/14B2G; B41J2/14G; (+4) **IPC:** *B41J2/135; B41J2/14; B41J2/16* (+4)

**Publication info:** **JP10291317 A** - 1998-11-04

**4 Ink jet printer nozzle plates with ink filtering projections**

**Inventor:** MURTHY ASHOK (US); KOMPLIN STEVEN ROBERT (US); (+3)  
**EC:** B41J2/14B2G; B41J2/14G; (+4) **IPC:** *B41J2/135; B41J2/14; B41J2/16* (+5)

**Publication info:** **US6158843 A** - 2000-12-12

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-291317

(43)公開日 平成10年(1998)11月4日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

B 4 1 J 2/135

識別記号

F I

B 4 1 J 3/04

1 0 3 N

審査請求 未請求 請求項の数32 FD 外国語出願 (全 35 頁)

(21)出願番号 特願平10-123833

(22)出願日 平成10年(1998)3月30日

(31)優先権主張番号 08/827, 242

(32)優先日 1997年3月28日

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 591194034

レックスマーク・インターナショナル・インコーポレーテッド  
LEXMARK INTERNATIONAL  
AL, INC  
アメリカ合衆国 40511 ケンタッキー、  
レキシントン、ノース・ウェスト、ニューアー・サークル・ロード 740

(72)発明者 アショク・マーシー

アメリカ合衆国 40515 ケンタッキー、  
レキシントン、ウッドフィールド・サークル 2376

(74)代理人 弁理士 大橋 邦彦

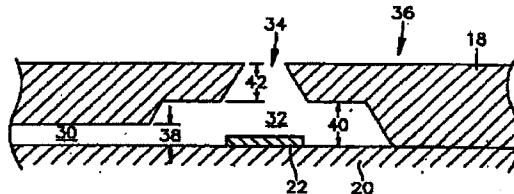
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 インクジェット・プリンタのノズル・プレート

(57)【要約】

【課題】 インクジェット・プリンタ用の改善されたノズル・プレートの設計と、ノズル・プレートを製作する装置及び方法とを提供することである。

【解決手段】 本発明に係るノズル・プレートは、ノズル・プレートの対向する縁にはほぼ沿って位置合わせされた複数のフロー・フィーチャー及びノズル孔を設けるのに十分な厚さを有する高分子材から製作し、フロー・フィーチャーは、フロー・フィーチャーをノズル孔から分断する深さでノズル・プレート内で融除され、したがってフロー・フィーチャーとノズル孔とは、ノズル・プレートを最適化して性能を改善するため、別個に設計することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 熱インクジェット・プリンタ用の高分子から成るノズル・プレートであって、複数の発射チャンバー、各発射チャンバー上のノズル孔、並びにインク供給領域に接続されて前記発射チャンバーに供給するインク供給路を設けるのに十分な厚さを有する高分子材を備え、前記発射チャンバーの各々が発射チャンバー高さを有し、前記供給路の各々が供給路高さを有し、前記供給領域が供給領域高さを有して、これら発射チャンバー、供給路並びに供給領域の各高さが高分子材の厚さの数分の一であることから成るノズル・プレート。

【請求項2】 前記ノズル孔がほぼベル形の形状を有する、請求項1に記載のノズル・プレート。

【請求項3】 前記発射チャンバー及び前記ノズル孔がそれぞれ円錐台形を有する、請求項1に記載のノズル・プレート。

【請求項4】 前記供給路に進入するインクを渦過するのに十分なように、前記インク供給領域に配置された複数の突起を更に備える、請求項1に記載のノズル・プレート。

【請求項5】 前記インク供給領域の高さが前記インク供給路の高さより大きい、請求項1に記載のノズル・プレート。

【請求項6】 前記供給路に進入するインクを渦過するのに十分なように、前記インク供給領域に配置された複数の突起を更に備える、請求項5に記載のノズル・プレート。

【請求項7】 前記供給路の高さが、前記発射チャンバーの高さの約0.2乃至約4.0倍である、請求項1に記載のノズル・プレート。

【請求項8】 熱インクジェット・プリンタ用のポリイミド製のノズル・プレートであって、ポリイミド材を備え、前記ポリイミド材の厚さが、前記ノズル・プレートの対向する両縁にそれぞれ隣接して配置された複数の発射チャンバーをそれ自体に関連されたノズル孔を伴なって提供すると共に、該ポリイミド材内に形成された対向するインク供給路であり、それらに隣接して配置されたインク供給領域に接続されて前記発射チャンバーに供給を為すインク供給路を提供するに十分な厚さであり、前記ノズル孔の各々が発射チャンバーに隣接する入口側と入口側とは反対側にある出口側とを有し、前記発射チャンバーの各々が発射チャンバー高さを有し、前記供給路の各々が供給路高さを有し、前記供給領域が供給領域高さを有して、前記供給領域の高さが前記供給路及び前記発射チャンバーの高さより大きいことから成るノズル・プレート。

【請求項9】 前記ノズル孔がほぼベル形の形状を有する、請求項8に記載のノズル・プレート。

【請求項10】 前記発射チャンバー及び前記ノズル孔の各々が円錐台形を有する、請求項8に記載のノズル・プレート。

プレート。

【請求項11】 前記インク供給路に進入するインクを渦過するのに十分なように、該インク供給領域内に配置された複数の突起を更に備える、請求項8に記載のノズル・プレート。

【請求項12】 前記供給路の高さが、前記発射チャンバーの高さの約0.2乃至約4.0倍である、請求項8に記載のノズル・プレート。

【請求項13】 インクジェット・プリンタ用のノズル・プレートを製作する方法であって、可動テーブル上にポリイミド・フィルムを取付ける段階と、前記ポリイミド材にレーザビームを用いて発射チャンバー及び該発射チャンバーに関連されたインク供給路を融除する一方で、前記ポリイミド材に対する前記レーザビームの焦点外れを制御して、該ポリイミド材内にノズル孔及び発射チャンバーを形成する段階と、の諸段階を含む方法。

【請求項14】 前記融除段階中にポリイミド材料へのレーザ・ビームの焦点外れを制御するため、前記ノズル孔を製作するレーザ融除段階中に、前記テーブル及び取り付けたポリイミド・フィルムを、前記レーザ・ビームの軸に沿って移動させる、請求項13に記載の方法。

【請求項15】 前記レーザ・ビームの焦点外れを制御してベル形のノズル孔を形成する、請求項13に記載の方法。

【請求項16】 前記レーザ・ビームの焦点外れを制御して、ノズル孔及びそのノズル孔に関連された発射チャンバーを形成し、各ノズル孔及びそれらに関連された発射チャンバーが円錐台形を有する、請求項13に記載の方法。

【請求項17】 対向するインク供給路の間に、前記インク供給路の高さに関して、該供給路の高さより高い高さを有するインク供給領域を融除する段階を更に含む、請求項13に記載の方法。

【請求項18】 前記インク供給領域に配置されて、前記インク供給路に進入するインクを渦過する複数の突起を融除する段階を更に含む、請求項17に記載の方法。

【請求項19】 前記インク供給路が、前記発射チャンバーの高さの約0.2倍乃至約4.0倍の高さで融除される、請求項13に記載の方法。

【請求項20】 レーザと、2つ以上の構成を形成するのに十分な様々な不透明度の部分を有するマスクとで、高分子材を融除する段階を含む、インクジェット印刷ヘッドのノズル・プレートを製作する方法。

【請求項21】 2つ以上の構成が、基本的に、单一のマスクを使用して同時に形成される、請求項20に記載の方法。

【請求項22】 前記マスクが、ベル形のノズル孔を形成するのに十分な様々な不透明度を有する、請求項20に記載の方法。

【請求項23】 前記マスクが、ノズル孔及び該ノズル

孔に関連された発射チャンバーを製作するのに十分な様々な不透明度を有し、各ノズル孔及びそれに関連された発射チャンバーが円錐台形を有する、請求項20に記載の方法。

【請求項24】 前記マスクが、対向するインク供給路の間に、そのインク供給路より高いインク供給領域を形成するのに十分な様々な不透明度を有する、請求項20に記載の方法。

【請求項25】 前記マスクが、前記インク供給領域に配置されて、前記インク供給路に進入するインクを渾過する複数の突起を形成するのに十分な様々な不透明度を有する、請求項20に記載の方法。

【請求項26】 前記マスクが、前記発射チャンバーの高さの約0.2倍乃至約4.0倍の高さを有する前記インク供給路を形成するのに十分な様々な不透明度を有する、請求項20に記載の方法。

【請求項27】 高分子材を融除するためのマスクであって、不透明から透明までの様々な不透明度の領域を有するレーザ・ビーム抵抗ウェブを備え、インク供給領域、該インク供給領域に接続された複数のインク供給路、並びに各インク供給路に関連された発射チャンバーを形成するための半透明領域と、前記発射チャンバーを形成すべく使用される前記半透明領域の略中心にノズル孔を形成するための透明領域とを含み、前記不透明領域が、マスクの略周縁部にある、発射チャンバー、インク供給路、並びに、インク供給領域の各境界を規定していることから成るマスク。

【請求項28】 前記発射チャンバー及び前記ノズル孔の形成に使用される領域の前記マスクの不透明度が、ペル形のノズル孔を形成するために半透明から透明へと徐々に変化している、請求項27に記載のマスク。

【請求項29】 前記発射チャンバー及び前記ノズル孔の形成に使用される領域の前記マスクの不透明度が、前記円錐台形の発射チャンバー及びそれに関連されたノズル孔を形成するために半透明から透明へと徐々に変化している、請求項27に記載のマスク。

【請求項30】 前記インク供給路の各々が、それに関連された発射チャンバーの高さより小さい高さを有するように、前記マスクの不透明度が前記発射チャンバー領域と前記インク供給路との間で変化している、請求項27に記載のマスク。

【請求項31】 前記インク供給領域に配置されて、前記供給路に進入するインクを渾過するのに十分な複数の突起を形成するのに十分な不透明領域を前記インク供給領域に更に備える、請求項27に記載のマスク。

【請求項32】 前記インク供給領域の各々が前記インク供給路より高くして形成されるよう、前記マスクの不透明度が前記インク供給路と前記インク供給領域との間で変化している、請求項27に記載のマスク。

【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、改良されたフロー特性を有するインクジェットのノズル・プレートに関すると共に、インクジェット・プリンタ用ノズル・プレートの製作方法に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】インクジェット・プリンタの印刷ヘッドは、各種構成要素が一体的なインク容器と協働して印刷ヘッド内のインク噴射装置にインクを分配して所望の印刷品質を達成すべく、精密に製造される。インクジェット・プリンタの印刷ヘッドの主要構成要素は、インク供給路（インク供給チャネル）、発射チャンバー、並びに、インクを印刷ヘッドから放出する口（ポート）を含むノズル・プレートである。

【0003】インクジェット・プリンタの登場時から、インク噴射の効率を高め、その製造費を削減するため、ノズル・プレートは大幅な設計変更を受けてきた。ノズル・プレートの設計は、印刷の高速化及び印刷イメージの高解像度化に対応するため、今後も変更され続ける。

【0004】ノズル・プレートは、インクを噴射する複数の噴射口またはノズルと、インクをインク容器から使用ノズルに連する発射チャンバーに供給する路とを含む複雑な構造である。インクの小滴を、ノズルを通じてチャンバーから基板へと排出するため、発射チャンバー内の圧力を作り出される。圧力は、供給路からもインクを押し出し、供給領域のインクに影響するか、他の供給路及び発射チャンバーに供給する供給領域または通路内のインクに影響することができる。

【0005】熱インクジェット・プリンタは、発射チャンバー内の複数の抵抗加熱要素を使用してインクの成分を蒸発させ、次いで蒸気の気泡又はバブルとして膨張し、チャンバーに関連されたノズルからインクを押し出す。インクと蒸気の界面が冷却すると、気泡が収縮し始め、最後にはヒータ表面上に崩壊する。気泡が崩壊すると、チャンバーは毛管現象によって再充填される。チャンバーが再充填されると、インクは振動動作をするメニスカスを形成する。メニスカスの振動動作は、少量の空気を発射チャンバー内に引き込む傾向があり、特定の状況では空気がチャンバー内に閉じこめられることがある。閉じこめられた空気は、何回かの発射の後にチャンバー内に蓄積される。これが生じるとノズルの性能が著しく低下する。閉じこめられた空気は、蒸気の気泡のポンプ作用を減少させる衝撃緩衝手段としても働く。発射チャンバー内に閉じこめられた空気が多すぎると、インクをインク供給路から押し出したり、路の入口を塞いだりすることがあり、チャンバーを再充填する能力に影響を及ぼす。閉じこめられた空気に加えて、インク内の破片又は残骸も発射チャンバーの再充填に影響を及ぼし、したがってノズルから噴射されるインクの品質及び効率に影響を及ぼすことがある。

【0006】インクジェットの印刷ヘッドの発射チャンバーに流体を再充填する速度を制御する方法が、Trueba他の米国特許第4,882,595号に記載されている。この米国特許に記載されているように、発射チャンバー間のクロストークが、印刷速度や印刷の品質に影響を及ぼすことがある。クロストークを減少させる一つの方法は、インク供給路に存在する流体の摩擦を使用して、クロストークのサージに関連されたエネルギーを散逸させる抵抗性の分断である。もう一つの方法は、慣性で分断することで、細長い供給路が路内の流体進入の慣性側面を最大にすると言われる。しかし、抵抗による分断も慣性による分断も、ともにノズルの発射間の整定時間を長くすることが分かっている。この問題に対して提示されているもう一つの解決策は、供給路の入口に局所的な狭窄または塊状の抵抗要素を使用することであった。このような提示にもかかわらず、発射チャンバーへのインクのフロー特性及び再充填速度を改善するノズル・プレートの設計に対するニーズが、引き続き存在する。

#### 【0007】

【発明が解決しようとする課題】したがって、インクジェット印刷ヘッド用の改良型ノズル・プレートを提供することが、本発明の目的である。

【0008】熱インクジェット印刷ヘッドの発射チャンバー間の干渉を低下させる方法を提供することが、本発明の別の目的である。

【0009】様々な操作状況で、改良されたインクのフロー特性を有するインクジェット・プリンタ用ノズル・プレートを提供することが、本発明の更なる目的である。

【0010】インクジェット・プリンタ用ノズル・プレートの製造法を提供することが、本発明の更に別の目的である。

【0011】改良されたインクのフロー特性を有するレーザ融除（融蝕）ノズル・プレートの方法を提供することが、本発明の更なる目的である。

#### 【0012】

【課題を解決するための手段】上記その他の目的及び利点に関して、本発明はノズル・プレートの対向する縁に隣接して配置された複数の発射チャンバー、各発射チャンバーの上のノズル孔、並びにインク供給領域に接続され発射チャンバーに供給するインク供給路を提供するのに十分な厚さを有する重合体材料又は高分子材で構成された熱インクジェット・プリンタの高分子材製のノズル・プレートを提供する。発射チャンバーはそれぞれ一つの発射チャンバーの高さを有し、供給路はそれぞれ一つの供給路の高さを有し、供給領域は一つの供給領域の高さを有し、これらの高さは高分子材の厚さの数分の一である。

#### 【0013】

【別の態様】別の態様では、本発明は、ポリイミド・フ

ィルムにノズル孔及び発射チャンバーを形成するため、ポリイミドのフィルムを可動テーブル上に取り付け、発射チャンバー及び発射チャンバーに関連されたインク供給路を融除又は融蝕しながら、ポリイミド材料に対するレーザ・ビームの焦点外れを制御する、インクジェット・プリンタのノズル・プレートの製造法を提供する。

【0014】更に別の態様では、本発明は高分子材を融除するために、インク供給領域、インク供給領域に接続された複数のインク供給路、並びに、各インク供給路に接続された発射チャンバーを形成するために、半透明領域を含む不透明から透明まで、様々な不透明度の領域を有するレーザ・ビーム抵抗ウェブを備えたマスクを提供する。マスクは、発射チャンバーの形成に使用する半透明領域にノズル孔を形成するための透明領域も含み、不透明領域は発射チャンバーとインク供給路とインク供給領域との境界を規定し、ほぼマスクの周縁部にある。

【0015】本発明の装置及び方法は、発射チャンバーへのインクの流れに関連された問題を軽減し、製造段階を単純化することにより製造費を大幅に削減する、改良型のインクジェット・ノズル・プレートを提供する。ノズル孔、発射チャンバー、並びに、インク供給路は全て同じ高分子材で形成されているので、発射チャンバーとノズル孔を含む別個の高分子材または厚いフィルム材料を位置合わせする必要がない。また、様々な不透明度を有するマスクを使用して同じ高分子材にフロー・フィーチャーを形成するので、複数のマスクを使用したり、マスクごとに別個の位置合わせ段階を実施する必要性が低くなる。

【0016】本発明は改良型のノズル・プレートを提供すると共に、ノズル・プレートを製作する方法及び装置を提供する。特に、本発明は、ポリイミド重合体、ポリエステル重合体、ポリメチルメタクリレート重合体、ポリカーボネート重合体及びホモポリマー、共重合体及び三量体、並びに、更にこれらの2つ以上の混合物から構成されるグループから選択された高分子材又は重合体材から製作して、そして好ましくはポリイミド重合体の高分子材又は重合体材から製作して、発射チャンバー、発射チャンバーに供給するインク供給路、並びに発射チャンバーに伴うノズル孔を含むのに十分な厚さを有するノズル・プレートを提供する。高分子材は約1.0乃至約3.00ミクロンの厚さ、好ましくは約1.5乃至約2.50ミクロンの厚さ、最も好ましくは約3.5乃至約7.5ミクロンの厚さを有することが好ましく、本明細書で含まれるすべての範囲を含む。記述を簡単にするため、発射チャンバー及び供給路を総称してノズル・プレートの「フロー・フィーチャー（flow feature）」と呼ぶ。

【0017】各ノズル・プレートは、複数のインク供給路、発射チャンバー、並びにノズル孔を含んでこれらが高分子材内に位置決めされ、ノズル孔がインク推進装置

に関連するように配置されることによって、発射チャバーが起動すると、インクの小滴がノズル孔を通って発射チャバーから印刷すべき基板へと排出される。1つ以上の発射チャバーを素早く連続する状態で順序付けを為すと、基板上にインクのドットを提供し、それらが相互に組み合わされて画像を作成する。

【0018】ノズル・プレートは、連続する長い細片(ストリップ)またはフィルムとして供給される高分子材をレーザ加工することにより、連続的又は半連続的なプロセスで形成することができる。複数の製造段階を通して高分子材の長い細片を扱い、積極的に移送するのに役立つよう、細片内にその片側または両側に沿ってスプロケット穴または開口を設ける。

【0019】ノズル・プレートが形成される細片材は、従来通りリールの状態で提供される。こうした製造業者としては、日本のUBE社、米国Delaware、WilmingtonのE. I. DuPont de Nemours & Co.社などの幾つかの製造業者が、それぞれUPILEX或いはKAPTONという商標で、ノズル・プレートの製造に使用するのに適した材料を販売している。ノズル・プレートの製作に使用するのに好ましい材料は、一方の表面に接着層を含むポリイミド・テープである。

【0020】接着層(図示せず)は、任意のBステージ硬化可能な材料であることが好ましい。適切なBステージ可能材料の例は、フェノール樹脂、レゾルシノール樹脂、ユリア樹脂、エポキシ樹脂、エチレン・ユリア樹脂、フラン樹脂、ポリウレタン、並びに、シリコン含有樹脂などの熱硬化性樹脂である。接着剤として使用できる熱可塑性または高温溶融材料は、エチレン酢酸ビニル、エチレン・エチルアクリレート、ポリプロピレン、ポリスチレン、ポリアミド、ポリエステル、並びにポリウレタンなどである。接着層は通常、厚さが約1乃至100ミクロンで、約1乃至約50ミクロンの厚さが好ましく、約5乃至約20ミクロンの厚さが最も好ましい。最も好ましい実施例での接着層としては、米国、Arizona、ChandlerのRogers社から市販されているラミネートRLEX R1100或はRFL EX R1000に使用するようなフェノール・ブチラール接着剤である。

【0021】接着層は、犠牲層で被覆することが好ましく、これは、ノズル・プレート内のフロー・フィーチャーのレーザ融除がほぼ完了するまで接着層上に残るポリビニルアルコールなどの水溶性高分子が好ましい。犠牲層として使用できる市販のポリビニルアルコール材料は、米国、Pennsylvania、AllentownのAir Products Inc.社から市販されているAIRVOL165、New Jersey、WhippanyのEmulsitone Inc.社からのEMS1146、並びに、Wisconsi

n、MilwaukeeのAldrich Chemical Company社からの様々なポリビニルアルコール樹脂などである。犠牲層は、厚さが少なくとも約1ミクロンあることが好ましく、高分子フィルム上にある接着層に被覆する。

【0022】押出し成形、ロール塗布、刷毛塗り、ブレード塗り、溶射、浸漬、並びに、被覆産業で周知の他の技法で、高分子材に接着及び犠牲層を塗布することができる。高分子材を機械加工してフロー・フィーチャーを形成した後、水などの溶剤に高分子材を浸漬するか、これを溶射することにより、犠牲層を除去する。

【0023】

【実施例】ノズル・プレートの設計の様々な態様や、設計がその操作に及ぼす影響は、図面を参照することにより理解される。したがって、図1はインク供給路(インク供給チャネル)12、発射チャバー14、並びにノズル孔16を通して見た、本発明のノズル・プレート10の断面図で、これは一定の縮尺ではない。図2は、高分子材又は重合体材18に形成されたインク供給路12、発射チャバー14、並びにノズル孔16の平面図で、一定の縮尺ではない。高分子材18には、複数の供給路12、発射チャバー14、並びにノズル孔16を、好ましくは以下で更に詳細に述べるレーザ加工技術により設ける。

【0024】フロー・フィーチャー及びノズル孔16を高分子材18内に形成したら、ノズル・プレート10を、発射チャバー14内のインクを加熱する抵抗器などのインク推進装置22を含む半導体基板20に取り付ける(図1)。抵抗器タイプの推進装置22でインクを加熱すると、インクの成分が急速に蒸発して蒸気の気泡を生成し、これが発射チャバー14内に形成されて、インクの一部を発射チャバーからノズル孔16を通して押し出し、したがってこれが基板に衝突する。蒸気の気泡は全方向に急速に膨張するので、これはインクを供給路12からも押し出す。

【0025】ノズル・プレートを基板に取り付ける前に、基板に薄い光硬化性エポキシ樹脂のフィルムを塗布し、ノズル・プレートと基板との間の接着性を強化して、チップの表面上のあらゆる形態的特徴を埋めることができ好ましい。光硬化性エポキシ樹脂は、基板上に引き延ばされ、供給路12、発射チャバー14並びにインク供給領域24を規定するパターンで光硬化させる。好ましい光硬化性エポキシの配合は、約50乃至約75重量%のブチロラクトン、約10乃至約20重量%のポリメタクリル酸メチル-メタクリル酸共重合体、約10乃至約20重量%の米国、Texas、HoustonのShell Chemical Company社から市販されているEPON 1001Fなどの二官能価のエポキシ樹脂、約0.5乃至約3.0重量%のMichigan、MidlandのDow Chemical

Company社から市販されているDEN 431などの多官能価のエポキシ樹脂、約2乃至約6重量%のDanburyのUnion Carbide Corporation社から市販されているCYRACURE UV I-6974などの光開始剤、及び約0.1乃至約1重量%のアグリシドキシプロピルトリメトキシ・シンを含む。

【0026】発射チャンバー14内のインクが冷却すると、蒸気の気泡が崩壊する。インクは、気泡の崩壊と供給路12内の毛管作用との組合せにより、インク供給領域24から供給路12及び発射チャンバー14へと引き戻される。発射チャンバー14が再充填されると、これは再びノズル16からインクを排出する準備ができる。インクが発射チャンバーから排出されてから発射チャンバーが再充填されるまでの時間を、「整定時間」と呼ぶ。

【0027】本発明のノズル・プレートは、発射チャンバー14と供給路12とを別個に設計してプリンタの性能を最適化することができ、供給路12内の空気及び残骸の遮断を減少させるとともに発射チャンバーの発射時間の整定時間を減少させるフロー・フィーチャーを含む。図3は、供給路30、発射チャンバー32並びにノズル孔34を通じての断面図を示し、ノズル・プレート36の構成により、発射チャンバー32の設計は供給路30とは別個に最適化することができる。図3に図示したノズル・プレートで示すように、供給路30の高さ38は、発射チャンバーの高さ40より著しく小さく、発射チャンバー32の高さ40の約0.2乃至約4.0倍であることが好ましい。

【0028】図4は、残骸が供給路に入つてこれを遮断することができないよう、供給路の高さを低減した特徴と残骸を捕捉する手段とを組み合わせた代替ノズル・プレートの設計を示す。図4で示すように、2本のインク供給路52A及び52B、2つの発射チャンバー54A及び54B、そして2つのノズル孔56A及び56Bを通つて切断した断面図で見るノズル・プレート50は、高分子材18から半導体基板20までの距離の一部だけ供給路52A及び52B内へと延在する、インク供給領域62内の突起60を含む。したがって、残骸または他の異物が基板20内のインク・バイヤ(孔)64から供給領域62に入ると、突起60が、残骸がインク供給路52A及び52Bに進入するのを遮断する。したがって、図4に示す設計は、発射チャンバー54A及び54Bの設計をノズル孔56A及び56Bの設計から分離するばかりでなく、異物が供給路52A及び52Bに進入する前にこれを捕捉し、遮断する働きもする。

【0029】本発明の別の態様を図5に示す。図5は、2本の供給路72A及び72B、2つの発射チャンバー74A及び74B、そして2つのノズル孔76A及び76Bを通じてのノズル・プレート70の断面図である。

図5に示すノズル・プレートの設計では、インク供給領域80の高さが発射チャンバー74A及び74Bのインク供給路72A及び72Bより高くなるよう、高分子材18とインク供給領域80の半導体基板20との間の距離78が増加している。距離78がインク供給路72A及び72Bの高さより大きいので、インク供給領域80内の流体の不活性さが低下し、これによってインク通路84からインク供給路72A、72B、そして発射チャンバー74A及び74Bへのインクの流れが増加する。したがって、同じ発射チャンバーでの連続的な発射と発射との間に経過する、整定時間として知られる期間は、約150マイクロ秒未満まで、好ましくは約50乃至約130マイクロ秒、最も好ましくは約80乃至約125マイクロ秒まで減少し、本明細書に包含されるすべての範囲を含む。

【0030】代替的には、図5のノズル・プレートは、上述したような図3及び図4に示すノズル・プレートの特徴の一方或は両方も含むことができる。したがって、供給路72A及び72Bの高さを、図3に示したような発射チャンバー74A及び74Bの高さより小さくすることができ、或は高分子材18が、高分子材18から半導体基板20までの距離の一部だけ供給路72A及び72B内へ延在する突起を含むことができ、或は両方ができる。

【0031】様々なノズル孔の設計が図6及び図7に示されており、これらは上記ノズル・プレートの何れとでも使用することができる。図6に示されるように、ノズル孔90は実質的にベル状形態の構成を有することができ、孔90の広い方の部分92が発射チャンバー94に対面し、したがって発射チャンバー94からノズル孔90の出口96まで滑らかな移行となっている。ノズル孔90は発射チャンバー94と孔90の出口96との間に鋭い移行部がないので、ノズル孔から噴射されるインクは改良されたフロー・パターンを有する。

【0032】図7では、ノズル・プレート100がノズル孔102及び発射チャンバー104を含み、これもノズル孔102と発射チャンバー104との間に鋭い移行部がない。この実施例では、ノズル孔102及び発射チャンバー104は、半導体基板20とノズル孔102の出口108との間の距離106全体にわたって円錐台形を有する。ノズル孔102及び発射チャンバー104の円錐形は、発射チャンバー104とノズル孔102との間の鋭い境界をなくすことにより、発射チャンバー104内のデッド・ゾーンをなくすことによりチャンバー内及びノズル孔102を通過するインクの流れを改善し、これによって発射チャンバー領域に空気が残存する可能性を低減している。円錐形は発射チャンバー104内の気泡の形成及び蒸気の気泡の崩壊によって生じる振動のメニスカスの減衰を増加させることにより、空

気の吸入も減少させる。

【0033】本発明のノズル・プレートの形成には、様々な方法を用いることができる。したがって方法としては、単一のマスク或は複数のマスクの使用や、高分子材に衝突するレーザ照射エネルギーを制御する方法を含むことができる。図6及び図7に示すノズル孔の形を形成するために、焦点外れ技術を使用することが好ましい。図8に示す特に好ましい焦点外れ技術では、フィルムの形態で融除される高分子材110を、供給リール112からテーブル114に広げる。テーブル114はレーザ光源120から放射されるレーザ・ビーム118の軸116に沿って垂直方向に移動することができる。高分子材110に形成されるフロー・フィーチャーを含むマスク122を、上記のような特徴的構成を形成するよう、レーザ・ビーム118の通路に配置する。高分子材110のフロー・フィーチャーを融除した後、更に処理するため、材料を製品リール124に再び巻き取る。

【0034】最初に、レーザ・ビームを、高分子材110の上面から約±50ミクロン、好ましくは約±30ミクロン、最も好ましくは約±10ミクロンの点に焦点を合わせる。材料を融除するにつれ、テーブルは、ビーム118の焦点外れを制御するため、レーザ・ビームの軸118に沿ってレーザ120へと垂直方向に移動する。【0035】レーザ120を照射するのと同時に、テーブル114をレーザ・ビーム118の軸116に沿って垂直に移動させることにより、高分子材に形成されるノズル孔の壁の角度は、レーザ・ビームの軸116に対して直角の水平面であって小さい方の孔の直径よりもビームの焦点外れの値がより大きくなつた大きい方の孔の直径から測定したより小角度と、より焦点が合つたレーザ・ビームのレーザ・ビーム軸116に対して直角の水平面から測定したより大角度との間で、徐々に変化する。レーザ照射とテーブルの動作との関係を変更することにより、ベル形状、円錐台形、或はそれらのベルや円錐形の組合せ形状を有するノズル孔を製作することができる。

【0036】上述したマスクを使用してノズル・プレートを形成するために、高分子材にフロー・フィーチャーを生成するのに使用することができるレーザは、F2、ArF、KrCl、KrF、或はXeClエキシマー、または周波数を倍増させたYAGレーザから選択することができる。高分子材のレーザ融除は、1平方センチメートル当たり約100ミリジュールから1平方センチメートル当たり約5,000ミリジュール、好ましくは1平方センチメートル当たり約150乃至約1,500ミリジュール、最も好ましくは1平方センチメートル当たり約700乃至約900ミリジュールのパワーで達成され、本明細書で包含される全範囲を含む。レーザ融除プロセス中に、約150ナノメートル乃至約400ナノメートル、最も好ましくは約280乃至約330ナノメートル、

トルの波長を有するレーザ・ビームを、約1ナノ秒乃至約200ナノ秒、最も好ましくは約20ナノ秒継続するパルスで照射する。

【0037】ノズル・プレートの特定のフロー・フィーチャーは、マスクを通して所定のパルス数のレーザ・ビームを照射することによって形成する。ノズル孔のように、除去する材料の断面深さが大きい高分子材の部分には、多くのエネルギー・パルスが必要となることがあり、発射チャンバー及びインク供給路のように、材料の断面深さから材料の一部しか除去する必要がない高分子材の部分では、必要なエネルギー・パルスが少なくなることがある。

【0038】本発明の一つの態様では、テーブルを固定することができ、レーザ・ツールの像形成光学系によって生成されるイメージ面を垂直/Z軸で変化させる。

【0039】別の態様では、レーザ・ツールの像形成光学系を固定し、テーブルをモータで垂直軸に移動させる。それ故に、テーブルとイメージ面との相対的動作が、高分子材内で融除される特徴を決定することになる。

【0040】融除プロセスの例証的な例では、イメージ面は高分子材の上面と同一平面上にあった。レーザを照射するにつれ、テーブルを上昇させて、光学路に沿つたレーザ源と高分子材との間の距離を短くした。制限はないが、一般に、照射回数及びテーブルの移動距離に関して、典型的な例は往々にしてレーザを約300回照射し、テーブルを約60ミクロン移動させる。

【0041】以上を鑑みて、本発明のノズル・プレートは、インクジェット・プリンタに使用することができる任意の基板に使用することができる。

【0042】更に、ノズル・プレート及び基板により、基板の側部或は中心から発射チャンバーにインクを分配できるインクジェット印刷ヘッドができる。

【0043】複数のマスクをレーザ・ビーム焦点外れ技術と組み合わせて使用し、様々なノズル・プレートのフロー・フィーチャー設計を作成することができる。代替的には、透明から不透明までの様々な不透明度を有する単一のマスクを使用して、ノズル・プレートの製作に必要な製造段階及び時間を削減することができる。特に好ましいマスクを、図9及び図10に示す。図10では、(様々な不透明度の)マスク130が、高分子材のノズル孔など、2つ以上の特徴を融除するのに使用する透明領域132を含む。透明領域を、ノズル・プレートの発射チャンバーの作成に使用する半透明領域134が囲む。同様に、供給路(インク供給チャネル)は、半透明領域136によって形成され、インク供給領域は、発射チャンバー領域134と同等またはそれ以上の不透明度を有する半透明領域138によって形成される。フロー・フィーチャーの周囲にあるマスク130の周縁部140はほぼ不透明で、従って発射チャンバー領域134、

供給路領域136、並びにインク供給領域138の外側では高分子材の融除はほとんど、または全く行われない。

【0044】マスク130の半透明及び不透明領域は、低い不透明度が望ましい領域で不透明な線の数を増加させ、したがってマスクの灰色等級（グレイ・スケール）の濃淡によって、マスクの濃淡を変化させることにより作成することができる。当業者に知られている何れかの方法を用いて、半透明及び不透明領域を有するマスクを準備することができる。例えば、レーザ照射によって融除されない金属或は他の材料で作成したマスク材料或はウェブに、線を塗布または印刷することができる。

【0045】マスクは、通常、石英、或は、フッ化カルシウム、フッ化マグネシウム並びにガラス等の紫外線を透過できる他の材料で作成する。不透明領域は、必要な波長で紫外線を吸収したり反射したりできる金属から形成するか、金属酸化物等の誘電体から形成することができる。

【0046】高分子材で融除されたフロー・フィーチャーの側部境界はマスクによって規定され、これによって基本的にレーザ・ビームのフルパワーがマスクの穴または透明領域を通過することができ、マスクのそれぞれ不透明領域及び半透明領域の高分子材に到達するレーザ・ビームのエネルギーをなくすか、減少させる。

【0047】レーザ融除プロセス中に、高分子材からの残骸又は破片が形成され、これは除去しないとノズル・プレートの性能に影響することがある。しかし、高分子材の最上層は接着層に塗布した犠牲層を含むので、残骸は下にある接着層ではなく犠牲層に沈着する。ノズルの形成後、そうした犠牲層は除去される。

【0048】犠牲層は、好ましくは水溶性高分子材、好ましくはポリビニル・アルコールで、ほぼ全部の犠牲層が接着層から除去されるまで水のジェットを犠牲層に向けることにより除去することができる。犠牲層は残骸を含むので、犠牲層を除去すると、それに付着した残骸を持ち去る。この方法で、高分子材には、構造または動作的問題を招く残骸がなくなる。

【0049】以上、本発明及びその好ましい実施例について述べてきたが、当業者なら、添付の請求の範囲で定義される本発明の精神及び範囲から逸脱することなく、本発明に無数の修正、再構成並びに部品の置換が可能であることを理解されよう。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明に係るノズル・プレートにおけるインク供給路、発射チャンバー並びにノズル孔を通した、一定の縮尺でない断面図である。

【図2】図2は、本発明に係るノズル・プレートにおけるインク供給路、発射チャンバー並びにノズル孔の一定の縮尺でない平面図である。

【図3】図3は、本発明に係るノズル・プレートにおけるインク供給路、発射チャンバー並びにノズル孔の代替構成の断面図である。

【図4】図4は、本発明に係るノズル・プレートにおけるインク供給路、発射チャンバー並びにノズル孔の代替構成の断面図である。

【図5】図5は、本発明に係るノズル・プレートにおけるインク供給路、発射チャンバー並びにノズル孔の代替構成の断面図である。

【図6】図6は、ノズル孔の代替設計を示す、本発明に係るノズル・プレートにおけるノズル孔及び発射チャンバーを通した、一定の縮尺でない断面図である。

【図7】図7は、ノズル孔の代替設計を示す、本発明に係るノズル・プレートにおけるノズル孔及び発射チャンバーを通した、一定の縮尺でない断面図である。

【図8】図8は、本発明に従って、高分子材を融除してノズル・プレートを形成するレーザ・プロセスの概略図である。

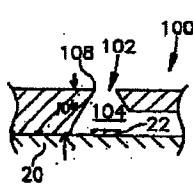
【図9】図9は、本発明にかかるノズル・プレートの形成に使用するマスクの一部の平面図である。

【図10】図10は、本発明に係るノズル・プレートの形成に使用するマスクの一部の平面図である。

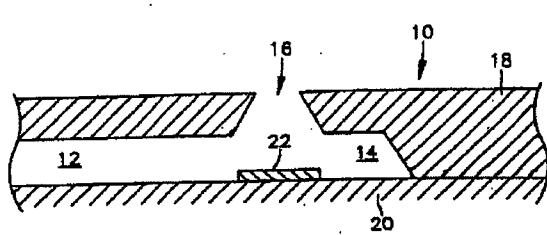
#### 【符号の説明】

- 10, 36, 50, 70, 100 ノズル・プレート
- 12, 52A, 52B インク供給路
- 14, 74A, 74B, 94, 104 発射チャンバー
- 16, 34, 56A, 56B ノズル孔
- 18, 110 高分子材
- 20 半導体基板
- 22 推進装置
- 24, 62, 80, 138 インク供給領域
- 32, 54A, 54B 発射チャンバー
- 60 突起
- 122, 130 マスク

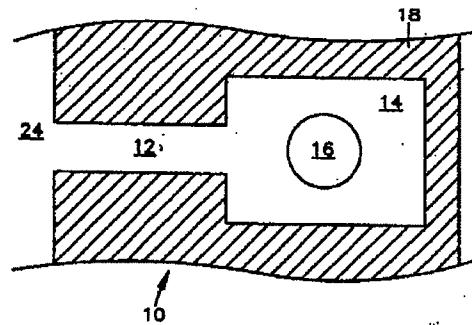
【図7】



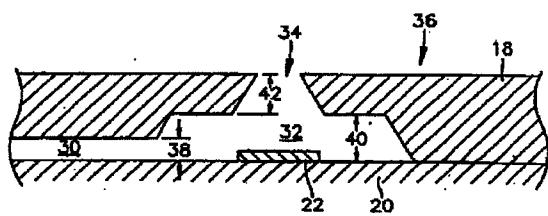
【図1】



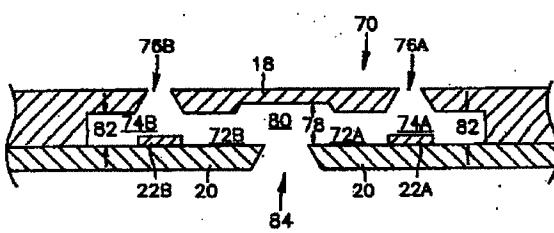
【図2】



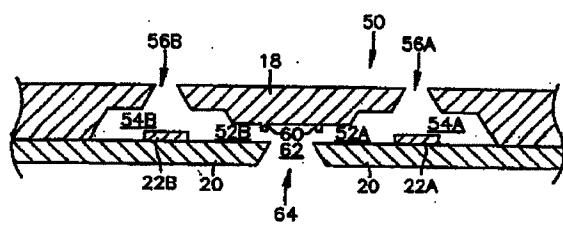
【図3】



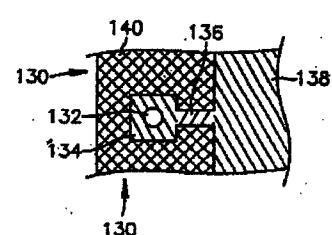
【図5】



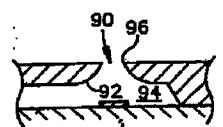
【図4】



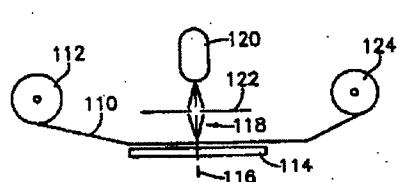
【図10】



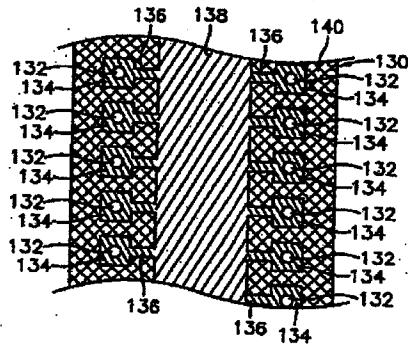
【図6】



【図8】



【図9】



## フロントページの続き

(72)発明者 スティーブン・ロバート・コンプリン  
アメリカ合衆国 40515 ケンタッキー、  
レキシントン、エスコンディダ・ウェイ  
2201

(72)発明者 ロバート・ウィルソン・コーネル  
アメリカ合衆国 40513 ケンタッキー、  
レキシントン、パルメット・ドライブ  
4173

(72) 発明者 ジェームズ・ハロルド・パワーズ  
 アメリカ合衆国 40514 ケンタッキー、  
 レキシントン、リーマ・ウェイ 4772

(72) 発明者 ミカ・エイブラハム・コフマン  
 アメリカ合衆国 40515 ケンタッキー、  
 レキシントン、ファームビュー・ドライブ  
 1704

(72) 発明者 ブルース・デイヴィッド・ギブソン  
 アメリカ合衆国 40514 ケンタッキー、  
 レキシントン、シニックビュー・ロード  
 4729

## 【外国語明細書】

**1. Title of Invention****INK JET PRINTER NOZZLE PLATES****2. Claims**

1. A polymeric nozzle plate for a thermal ink jet printer comprising a polymeric material having a thickness sufficient to provide a plurality of firing chambers, nozzle holes above each firing chamber and ink supply channels for feeding said firing chambers which are connected to an ink supply region, wherein each of said firing chambers has a firing chamber height, each of said supply channels has a supply channel height and the supply region has a supply region height wherein the firing chamber, supply channel and supply region heights are a fraction of the thickness of the polymeric material.
2. The nozzle plate of Claim 1 wherein the nozzle holes have a substantially bell-shaped configuration.
3. The nozzle plate of Claim 1 wherein each of said firing chambers and nozzle holes have a frustum conical shape.
4. The nozzle plate of Claim 1 further comprising a plurality of projections disposed in the ink supply region sufficient to filter ink entering the supply channels.
5. The nozzle plate of Claim 1 wherein the height of the ink supply region is greater than the height of the ink supply channel.
6. The nozzle plate of Claim 5 further comprising a plurality of projections disposed in the ink supply region sufficient to filter ink entering the supply channels.
7. The nozzle plate of Claim 1 wherein the height of the supply channels is from about 0.2 to about 4.0 times the height of the firing chambers.

8. A polyimide nozzle plate for a thermal ink jet printer comprising a polyimide material having a thickness sufficient to provide a plurality of firing chambers disposed adjacent opposed edges of the nozzle plate wherein said firing chambers have nozzle holes associated therewith and ink supply channels for feeding said firing chambers connected to an ink supply region disposed adjacent opposed ink supply channels formed in the polyimide material, each of said nozzle holes having an entrance side adjacent the firing chamber and an exit side opposing the entrance side, wherein each of said firing chambers have a firing chamber height, each of said supply channels have a supply channel height and the supply region has a supply region height wherein the height of the supply region is greater than the height of the supply channels and the firing chambers.

9. The nozzle plate of Claim 8 wherein the nozzle holes have a substantially bell-shaped configuration.

10. The nozzle plate of Claim 8 wherein each of said firing chambers and nozzle holes have a frustum conical shape.

11. The nozzle plate of Claim 8 further comprising a plurality of projections disposed in the ink supply region sufficient to filter ink entering the supply channels.

12. The nozzle plate of Claim 8 wherein the height of the supply channels is from about 0.2 to about 4.0 times the height of the firing chambers.

13. A method for making a nozzle plate for an ink jet printer which comprises mounting a polyimide film on a movable platen, ablating firing chambers and ink supply channels associated with the firing chambers in the polyimide film with a laser beam while controlling the defocus the laser beam

with respect to the polyimide material in order to form nozzle holes and firing chambers in the polyimide material.

14. The method of Claim 13 wherein the platen and mounted polyimide film are moved along an axis of the laser beam during the laser ablation step for making the nozzle holes in order to control the defocus the laser beam on the polyimide material during the ablation step.

15. The method of Claim 13 wherein the laser beam defocus is controlled to form bell-shaped nozzle holes.

16. The method of Claim 13 wherein the laser beam defocus is controlled to form nozzle holes and firing chambers associated with the nozzle holes wherein each nozzle hole and firing chamber associated therewith have a frustum conical shape.

17. The method of Claim 13 further comprising ablating an ink supply region between opposing ink supply channels with a height relative to a height of the ink supply channels which is greater than the height of the ink supply channels.

18. The method of Claim 17 further comprising ablating a plurality of projections disposed in the ink supply region to filter ink entering the ink supply channels.

19. The method of Claim 13 wherein the ink supply channels are ablated with a height which is from about 0.2 to about 4.0 times the height of the firing chambers.

20. A method for making ink jet printhead nozzle plates which comprises ablating a polymeric material with a laser and a mask having areas of varying opacity sufficient to form more than one feature.
21. The method of Claim 20 wherein more than one feature is essentially formed at the same time using a single mask.
22. The method of Claim 20 wherein the mask has a varying opacity sufficient to form bell-shaped nozzle holes.
23. The method of Claim 20 wherein the mask has a varying opacity sufficient to form nozzle holes and firing chambers associated with the nozzle holes wherein each nozzle hole and firing chamber associated therewith have a frustum conical shape.
24. The method of Claim 20 wherein the mask has a varying opacity sufficient to form an ink supply region between opposing ink supply channels having a height which is greater than the ink supply channels.
25. The method of Claim 20 wherein the mask has a varying opacity sufficient to form a plurality of projections disposed in the ink supply region to filter ink entering the ink supply channels.
26. The method of Claim 20 wherein the mask has a varying opacity sufficient to form ink supply channels having a height which is from about 0.2 to about 4.0 times a height of the firing chambers.

27. A mask for ablating a polymeric material which comprises a laser beam resistant web having regions of varying opacity from opaque to transparent and containing semi-transparent regions for formation of an ink supply region, a plurality of ink supply channels connected to the ink supply region and firing chambers associated with each ink supply channel; transparent regions for formation of nozzle holes substantially in the center of the semi-transparent regions used to form the firing chambers wherein the opaque regions define the boundaries of the firing chambers, ink supply channels and ink supply region and are substantially on a periphery of the mask.
28. The mask of Claim 27 wherein the opacity of the mask in the regions used for forming the firing chambers and nozzle holes varies gradually from semi-transparent to clear in order to form bell-shaped nozzle holes.
29. The mask of Claim 27 wherein the opacity of the mask in the regions used for forming the firing chambers and nozzle holes varies gradually from semi-transparent to clear in order to form frustum conical shaped firing chambers and nozzle hole associated therewith.
30. The mask of Claim 27 wherein the opacity of the mask varies between the firing chamber regions and ink supply channels so that each ink supply channel has a height which is less than a height of the firing chamber associated therewith.
31. The mask of Claim 27 wherein the mask further comprises opaque regions in the ink supply region sufficient to form a plurality of projections disposed in the ink supply region sufficient to filter ink entering the supply channels.

32. The mask of Claim 27 wherein the opacity of the mask varies between the ink supply channels and ink supply region so that each ink supply region is formed having a height which is greater than a height of the ink supply channels.

### 3. Detailed Description of Invention

The invention relates to ink jet nozzle plates having improved flow characteristics and to methods for making the nozzle plates for ink jet printers.

Printheads for ink jet printers are precisely manufactured so that the components cooperate with an integral ink reservoir to deliver ink to an ink ejection device in the printhead to achieve a desired print quality. A major component of the printhead of an ink jet printer is the nozzle plate which contains ink supply channels, firing chambers and ports for expelling ink from the printhead.

Since the introduction of ink jet printers, nozzle plates have undergone considerable design changes in order to increase the efficiency of ink ejection and to decrease their manufacturing cost. Changes in the nozzle plate design continue to be made in an attempt to accommodate higher speed printing and higher resolution of the printed images.

Nozzle plates are complex structures which contain multiple ejection ports or nozzles for ejecting ink and channels for feeding ink from an ink reservoir to a firing chamber associated with the nozzle being used. Pressure is created in the firing chamber to expel a droplet of ink from the chamber through the nozzle to the substrate. The pressure also forces ink out of the supply channel and may affect the ink in the supply region or via feeding other supply channels and firing chambers.

Thermal ink jet printers use a plurality of resistance heating elements in the firing chambers to vaporize a component of the ink which then expands as a vapor bubble forcing ink out of the nozzle associated with the chamber. As the ink/vapor interface cools, the bubble begins to contract and finally collapses onto the heater surface. As the bubble collapses, the chamber refills by capillary action. As the chamber refills, the ink forms a meniscus which undergoes an oscillatory motion. The oscillatory motion of the meniscus tends to pull a small amount of air into the firing chamber and under certain conditions, the air may be trapped in the chamber. Trapped air may accumulate in the chamber after a number of firings. Once this happens, the performance of the nozzle degrades severely. Trapped air also act as a shock absorber which reduces the pumping action of the vapor bubble. If too much air is trapped in the firing chamber, it may push ink out of the ink supply channel or choke off the inlet of the channel thereby affecting the ability to refill the chamber. In addition to trapped air, debris in the ink may also effect the refilling of the firing chambers and thus the quality and efficiency of the ink ejected from the nozzles.

Methods for controlling the fluid refill rate of the firing chambers for an ink jet printhead are described in U.S. Patent 4,882,595 to Trueba et al. As described in the '595 patent, cross-talk between the firing chambers may affect print speed and/or print quality. One method to reduce cross-talk is resistive decoupling which uses fluid friction present in the ink feed channel to dissipate energy associated with cross-talk surges. Another method uses inertial decoupling wherein long, slender feed channels are said to maximize the inertial aspect of the fluid entrance within the channels. However, both resistive decoupling and inertial decoupling were found to result in a longer settling time between firings of the nozzle. Another proposed solution to the problem was the use of localized constriction or a lumped resistance element at the entrance of the feed channel. Despite such proposals there continues to be a need for nozzle plate designs which improve the flow characteristics and refill speed of ink to the firing chambers.

It is an object of this invention, therefore, to provide improved nozzle plates for ink jet printheads.

It is another object of this invention to provide a method for reducing the interference between firing chambers of a thermal ink jet printhead.

It is a further object of this invention to provide nozzle plates for ink jet printers which possess improved ink flow characteristics under various operating conditions.

Still another object of the invention is to provide a method for manufacturing nozzle plates for ink jet printers.

A further object of the invention is to provide a method for laser ablating nozzle plates having improved ink flow characteristics.

With regard to the above and other objects and advantages, the invention provides a polymeric nozzle plate for a thermal ink jet printer which is comprised of a polymeric material having a thickness sufficient to provide a plurality of firing chambers disposed adjacent opposed edges of the nozzle plate, nozzle holes above each firing chamber and ink supply channels for feeding the firing chambers which are connected to an ink supply region. Each of the firing chambers have a firing chamber height, each of the supply channels have a supply channel height and the supply region has a supply region height which heights are a fraction of the thickness of the polymeric material.

In another aspect the invention provides a method for making a nozzle plate for an ink jet printer which comprises mounting a polyimide film on a movable platen, ablating firing chambers and ink supply channels associated with the firing chambers while controlling the defocus of the laser beam with

respect to the polyimide material in order to form the nozzle holes and firing chambers in the polyimide film.

In yet another aspect, the invention provides a mask for ablating a polymeric material which comprises a laser beam resistant web having regions of varying opacity from opaque to transparent containing semi-transparent regions for formation of an ink supply region, a plurality of ink supply channels connected to the ink supply region and firing chambers associated with each ink supply channels. The mask also contains transparent regions for formation of nozzle holes in semi-transparent regions used to form the firing chambers wherein the opaque regions define the boundaries of the firing chambers, ink supply channels and ink supply region and are substantially on a periphery of the mask.

The apparatus and methods of the invention provide improved ink jet nozzle plates which reduce problems associated with ink flow to the firing chambers and which substantially reduce manufacturing costs by simplifying the manufacturing steps. Because the nozzle holes, firing chambers and ink supply channels are all formed in the same polymeric material, alignment of separate polymeric or thick film materials containing the firing chambers and nozzles holes is not required. Also, using a mask having varying opacity to form the flow features in the same polymeric material reduces the need for using multiple masks and separate alignment steps for each mask.

The invention provides improved nozzle plates and methods and apparatus for making the nozzle plates. In particular, the invention provides a nozzle plate made from a polymeric material selected from the group consisting of polyimide polymers, polyester polymers, polymethyl methacrylate polymers, polycarbonate polymers and homopolymers, copolymers and terpolymers as well as blends of two or more of the foregoing, preferably polyimide polymers, which has a thickness sufficient to contain firing chambers, ink supply channels for feeding the firing chambers and nozzles holes associated with the firing chambers. It is preferred that the polymeric material have a thickness of about 10 to about 300 microns, preferably a thickness of about 15 to about 250 microns, most preferably a thickness of about 35 to about 75 microns and including all ranges subsumed therein. For the purpose of simplifying the description, the firing chambers and supply channels are referred to collectively as the "flow features" of the nozzle plates.

Each nozzle plate contains a plurality of ink supply channels, firing chambers and nozzles holes which are positioned in the polymeric material so that the nozzle holes are associated with an ink propulsion device so that upon activation of the firing chamber a droplet of ink is expelled from the firing chamber through the nozzle hole to a substrate to be printed. Sequencing one or more firing chambers in rapid succession provides ink dots on the substrate which when combined with one another produce an image.

The nozzle plates may be formed in a continuous or semi-continuous process by laser machining a polymeric material which is provided as a continuous elongate strip or film. To aid in handling and providing for positive transport of the elongate strip of polymeric material through the manufacturing

steps, sprocket holes or apertures are provided in the strip along one or both sides thereof.

The strip of material in which the nozzle plate is formed is conventionally provided on a reel. Several manufacturers, such as UBE of Japan and E.I. DuPont de Nemours & Co. of Wilmington, Delaware, commercially supply materials suitable for use in manufacturing the nozzle plates, under the trademarks of UPLEX or KAPTON, respectively. The preferred material for use in making nozzle plates is a polyimide tape containing an adhesive layer on one surface thereof.

The adhesive layer (not shown) is preferably any B-stageable material. Examples of suitable B-stageable materials are thermal cure resins which include phenolic resins, resorcinol resins, urea resins, epoxy resins, ethylene-urea resins, furane resins, polyurethanes, and silicon containing resins. Thermoplastic or hot melt materials which may be used as an adhesive include ethylene-vinyl acetate, ethylene ethylacrylate, polypropylene, polystyrene, polyamides, polyesters and polyurethanes. The adhesive layer is typically about 1 to about 100 microns in thickness, preferably about 1 to about 50 microns in thickness and most preferably about 5 to about 20 microns in thickness. In the most preferred embodiment, the adhesive layer is a phenolic butyral adhesive such as that used in the laminate RFLEX R1100 or RFLEX R1000, commercially available from Rogers of Chandler, Arizona.

The adhesive layer is preferably coated with a sacrificial layer, preferably a water soluble polymer such as polyvinyl alcohol which remains on the adhesive layer until the laser ablation of the flow features in the nozzle plate is substantially complete. Commercially available polyvinyl alcohol materials which may be used as the sacrificial layer include AIRVOL 165, available from Air Products Inc. of Allentown, Pennsylvania, EMS1146 from Emulsitone Inc. of Whippny, New Jersey, and various polyvinyl alcohol resins from Aldrich Chemical Company of Milwaukee, Wisconsin. The

sacrificial layer is preferably at least about 1 micron in thickness and is coated onto the adhesive layer which is on the polymeric film.

Methods such as extrusion, roll coating, brushing, blade coating, spraying, dipping, and other techniques known to the coatings industry may be used to coat the polymeric material with the adhesive and sacrificial layer. After machining the polymeric material to form the flow features therein, the sacrificial layer is removed by dipping or spraying the polymeric material with a solvent such as water.

Various aspects of the design of the nozzle plates and the impact of the design on their operation will be understood by referring to the drawings. Accordingly, Fig. 1 is a cross-sectional view not to scale of a nozzle plate 10 of the invention as seen through an ink supply channel 12, a firing chamber 14 and a nozzle hole 16. Fig. 2 is a plan view, not to scale, of the ink supply channel 12, firing chamber 14 and nozzle hole 16 formed in the polymeric material 18. A plurality of supply channels 12, firing chambers 14 and nozzle holes 16 are provided in a polymeric material 18, preferably by the laser machining techniques which will be described in more detail below.

Once the flow features and nozzle holes 16 are formed in the polymeric material 18, the nozzle plate 10 is attached to a semi-conductor substrate 20 containing an ink propulsion device 22 such as a resister for heating the ink in the firing chamber 14 (Fig. 1). When the ink is heated with a resister-type propulsion device 22, a component in the ink vaporizes rapidly producing a vapor bubble which forms in the firing chamber 14 which forces a portion of ink from the firing chamber through the nozzle hole 16 so that it impacts on a substrate. Because the vapor bubble expands rapidly in all directions, it also forces ink out of the supply channel 12.

Prior to attaching the nozzle plate to the substrate, it is preferred to coat the substrate with a thin layer of photocurable epoxy resin to enhance the adhesion between the nozzle plate and the substrate and to fill in all topographical features on the surface of the chip. The photocurable epoxy resin is spun onto the substrate, photocured in a pattern which define the

supply channels 12 and the firing chambers 14 and the ink supply region 24. A preferred photocurable epoxy formulation comprises from about 50 to about 75 % by weight -butyrolactone, from about 10 to about 20% by weight polymethyl methacrylate-co-methacrylic acid, from about 10 to about 20% by weight difunctional epoxy resin such as EPON 1001F commercially available from Shell Chemical Company of Houston, Texas, from about 0.5 to about 3.0% by weight multifunctional epoxy resin such as DEN 431 commercially available from Dow Chemical Company of Midland Michigan, from about 2 to about 6% by weight photoinitiator such as CYRACURE UVI-6974 commercially available from Union Carbide Corporation of Danbury and from about 0.1 to about 1% by weight gamma glycidoxypolytrimethoxy-silane.

As the ink in the firing chamber 14 cools, the vapor bubble collapses. Ink is drawn back into the supply channel 12 and firing chamber 14 from the ink supply region 24 by a combination of bubble collapse and capillary action in the supply channel 12. Once the firing chamber 14 has been refilled, it is again ready to expel ink from the nozzle 16. The time between when ink has been expelled from the firing chamber and when the firing chamber has been refilled is referred to as the "settling time."

The nozzle plates of the invention contain flow features which enable the firing chambers 14 and supply channels 12 to be independently designed to optimize printer performance and which reduce air and debris blockages in the supply channels 12 as well as decrease the settling time between chamber firings. Fig. 3 illustrates in cross-section through a supply channel 30, firing chamber 32 and nozzle hole 34, the configuration of a nozzle plate 36 which enables the design of the firing chamber 32 to be optimized independently of the supply channel 30. As shown by the nozzle plate illustrated by Fig. 3, the height 38 of the supply channel 30 is substantially less than the height 40 of the firing chamber, preferably from about 0.2 to about 4.0 times the height 40 of the firing chamber 32.

Fig. 4 illustrates an alternative nozzle plate design which combines the features of reduced supply channel height with a means for trapping debris so

that debris does not enter and block the supply channels. As illustrated in Fig. 4, the nozzle plate 50, as seen in cross section cutting through two ink supply channels 52A and 52B, two firing chambers 54A and 54B and two nozzle holes 56A and 56B, contains projections 60 in the ink supply region 62 which extend into the supply channels 52A and 52B a portion of the distance from the polymeric material 18 to the semiconductor substrate 20.

Accordingly, as debris or other foreign matter enter the supply region 62 from the ink via 64 in the substrate 20, the projections 60 block the debris from entering the ink supply channels 52A and 52B. Hence, the design shown in Fig. 4 not only decouples the design of the firing chambers 54A and 54B from that of the nozzles holes 56A and 56B, but also acts to trap foreign matter before it enter and blocks the supply channels 52A and 52B.

Another aspect of the invention is shown in Fig. 5. Fig. 5 is a cross sectional view of a nozzle plate 70 through two supply channels 72A and 72B, two firing chambers 74A and 74B and two nozzle holes 76A and 76B. In the nozzle plate design illustrated in Fig. 5, the distance 78 between the polymeric material 18 and the semiconductor substrate 20 in the ink supply region 80 has been increased so that the ink supply region 80 has a height which is greater than the height of the ink supply channels 72A and 72B of the firing chambers 74A and 74B. Because the distance 78 is greater than the height of the ink supply channels 72A and 72B, the fluidic inertance in the ink supply region 80 is reduced thereby increasing the flow of ink from the ink via 84 to the ink supply channels 72A and 72B and firing chambers 74A and 74B. Hence, the period of time, known as settling time, which must elapse between successive firing of the same firing chamber is reduced to less than about 150 microseconds, preferably about 50 to about 130 microseconds, most preferably about 80 to about 125 microseconds, including all ranges subsumed therein.

Alternatively, the nozzle plate of Fig. 5 may also contain one or both of the features of the nozzle plates shown in Figs. 3 and 4 as described above. Accordingly, the height of the supply channels 72A and 72B may be less than

height of the firing chambers 74A and 74B as shown in Fig. 3 and/or the polymeric material 18 may contain projections which extend into the supply channels 72A and 72B a portion of the distance from the polymeric material 18 to the semiconductor substrate 20.

Various nozzle holes designs are illustrated in Figs. 6 and 7 and may be used with any of the foregoing nozzle plates. As shown in Fig. 6, the nozzle hole 90 may have a substantially bell shaped configuration with the wider portion 92 of the hole 90 facing the firing chamber 94 so that there is a smooth transition from the firing chamber 94 to the exit 96 of the nozzle hole 90. Because the nozzle hole 90 does not have a sharp transition between the firing chamber 94 and the exit 96 of the hole 90, ink ejected from the nozzle hole has an improved flow pattern.

In Fig. 7, the nozzle plate 100 contains nozzle holes 102 and firing chambers 104 which also do not have a sharp transition between the nozzle hole 102 and the firing chamber 104. In this embodiment, the nozzle hole 102 and firing chamber 104 have a frustum conical shape for the entire distance 106 between the semiconductor substrate 20 and the exit 108 of the nozzle hole 102. The conical shape of the nozzle hole 102 and firing chamber 104 reduces the trapping of air in the firing chamber by eliminating the sharp boundary between the firing chamber 104 and nozzle hole 102. The shape also provides better ink flow in the chamber and out through the nozzle hole 102 by eliminating dead zones in the firing chamber 104 thereby decreasing the likelihood of air remaining in the firing chamber area. The conical shape also reduce air ingestion by increasing meniscus damping of the oscillations caused by bubble formation and vapor bubble collapse in the firing chamber 104.

Various methods may be used to form the nozzle plates of the invention. The methods may include the use of a single mask or multiple masks and methods for controlling the laser radiation energy impacted on the polymeric material. In order to produce the nozzle hole shapes illustrated in Figs. 6 and 7, a defocusing technique is preferably used. In a particularly

preferred defocusing technique, illustrated in Fig. 8, a polymeric material 110 to be ablated in the form of a film is unrolled from a supply reel 112 onto a platen 114. The platen 114 is movable in a vertical direction along an axis 116 of a laser beam 118 emitted from a laser source 120. A mask 122 containing the flow features to be formed in the polymeric material 110 is placed in the path of the laser beam 118 so that the features as described above are formed. After ablating the flow features in the polymeric material 110, the material is rewound on a product reel 124 for further processing.

Initially, the laser beam is focused at a point which is plus or minus about 50 microns, preferably plus or minus about 30 microns and most preferably plus or minus about 10 microns within the top surface of the polymeric material 110. As the material is ablated, the platen is moved in a vertical direction toward the laser 120 along laser beam axis 118 in order to control the defocus of the beam 118.

By moving the platen 114 vertically, along the axis 116 of the laser beam 118 at the same time the laser 120 is being fired, the wall angle of the nozzle holes formed in the polymeric material is gradually varied between smaller angles measured from the horizontal plane perpendicular to the laser beam axis 116 and larger hole diameters for large values of beam defocus to smaller hole diameters and larger angles measured from the horizontal plane perpendicular to the laser beam axis 116 for more focused laser beams. By altering the relationship between laser firings and platen movement, nozzle holes having bell shapes or frustum conical shapes or a combination of bell and/or conical shapes may be made.

A laser which may be used to create flow features in the polymeric material to form the nozzle plates using the above described masks may be selected from an F<sub>2</sub>, ArF, KrCl, KrF, or XeCl excimer or a frequency multiplied YAG laser. Laser ablation of the polymeric material is achieved at a power of from about 100 millijoules per centimeter squared to about 5,000 millijoules per centimeter squared, preferably from about 150 to about 1,500 millijoules per centimeter squared, and most preferably from about 700 to about 900

millijoules per centimeter squared including all ranges subsumed therein. During the laser ablation process, a laser beam having a wavelength of from about 150 nanometers to about 400 nanometers and most preferably from about 280 to about 330 nanometers is applied in pulses lasting from about one nanosecond to about 200 nanoseconds and most preferably about 20 nanoseconds.

Specific flow features of the nozzle plate are formed by applying a predetermined number of pulses of the laser beam through the mask. Many energy pulses may be required in those portions of the polymeric material from which a greater cross-sectional depth of material is removed, such as the nozzles holes, and fewer energy pulses may be required in those portions of the polymeric material which require only a portion of the material be removed from the cross-sectional depth of the material, such as the firing chambers and ink supply channels.

In one aspect of this invention, the platen can be fixed and the image plane produced by the imaging optics in the laser tool is varied in the vertical/Z-axis.

In another aspect, the imaging optics in the laser tool is fixed, and the platen is moved in the vertical axis via a motor. Therefore, the relative motions of the platen and image plane will determine the features ablated in the polymeric material.

In an illustrative example of the ablation process, the image plane was coplanar with the top surface of the polymeric material. As the laser was fired, the platen was moved up to shorten the distance between the laser and the polymeric material along the optical path. While there is no limitation, generally, with respect to the number of shots fired and the distance the platen is moved, a typical example often includes about 300 shots fired by the laser and platen movement of about 60 microns.

In view of this, the nozzle plates of this invention may be employed on any substrate capable of being used in an ink jet printer.

Moreover, the nozzle plates and substrates can result in an ink jet printhead capable of distributing ink to the firing chambers from the side or the center of the substrate.

Multiple masks in combination with laser beam defocusing techniques may be used to produce a variety of nozzle plate flow feature designs. In the alternative, a single mask having a varying opacity from transparent to opaque may be used to reduce the manufacturing steps and time required to produce the nozzle plates. A particularly preferred mask is illustrated in Figs. 9 and 10. In Fig. 10, the mask 130 (of varying opacity) contains transparent regions 132 which are used to ablate more than one feature such as nozzle holes in a polymeric material. Surrounding the transparent regions are semi-transparent regions 134 which are used to produce the firing chambers in the nozzle plate. Likewise, the supply channels are formed by semi-transparent regions 136 and the ink supply region is formed by semi-transparent region 138 which have either the same or more opacity than the firing chamber regions 134. The periphery 140 of the mask 130 around the flow features is substantially opaque so that little or no ablation of the polymeric material takes place outside of the firing chamber region 134, supply channel region 136 and ink supply region 138.

The semi-transparent and opaque regions of the mask 130 may be made by varying the shading of the mask by increasing the number of opaque lines and thus the gray scale shading of the mask in the regions where lower opacity is desired. Any of the methods known to those of skill in the art may be used to prepare the mask have semi-transparent and opaque regions. For example, the lines may be coated or printed onto the mask material or web made from metal or other material resistant to ablation by laser radiation.

Masks are typically made of quartz or other materials capable of transmitting uv light including calcium fluoride, magnesium fluoride and glass. The opaque regions may be formed from any metal capable of absorbing and/or reflecting uv light at the requisite wavelength, or it can be formed from a dielectric such as a metal oxide.

The side boundaries of the flow features ablated in the polymeric material are defined by the mask, which allows essentially full laser beam power to pass through holes or transparent regions of the mask and inhibits or reduces the laser beam energy reaching the polymeric material in the opaque and semi-transparent regions of the mask, respectively.

During the laser ablation process debris is formed from the polymeric material which, if not removed, may affect the performance of the nozzle plate. However, since the top layer of the polymeric material contains a sacrificial layer coated over the adhesive layer, any the debris lands on the sacrificial layer rather than on the underlying adhesive layer. After forming the nozzles, the sacrificial layer is removed.

The sacrificial layer is preferably a water soluble polymeric material, preferably polyvinyl alcohol, which may be removed by directing jets of water at the sacrificial layer until substantially all of the sacrificial layer has been removed from the adhesive layer. Since the sacrificial layer contains the debris, removal of the sacrificial will carry away the debris adhered to it. In this manner the polymeric material is freed of the debris which may cause structural or operational problems.

Having described the invention and preferred embodiments thereof, it will be recognized that the invention is capable of numerous modifications, rearrangements and substitutions of parts by those of ordinary skill without departing from the spirit and scope of the invention as defined by the appended claims.

#### 4. Brief Description of Drawings

The above and other features and advantages of the invention will now be described in the following detailed description of preferred embodiments in conjunction with the drawings and appended claims wherein:

Fig. 1 is a cross-sectional view not to scale through an ink supply channel, firing chamber and nozzle hole of a nozzle plate of the invention;

Fig. 2 is a plan view not to scale of an ink supply channel, firing chamber and nozzle hole of a nozzle plate of the invention;

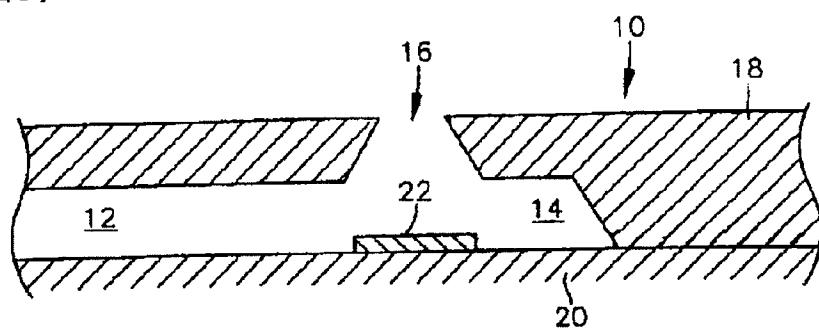
Figs. 3, 4 and 5 are cross-section views of alternative configurations of ink supply channels, firing chambers and nozzle holes of a nozzle plate of the invention;

Figs. 6 and 7 are cross-sectional views, not to scale through nozzle holes and firing chambers of nozzle plates of the invention illustrating alternative designs for the nozzle holes;

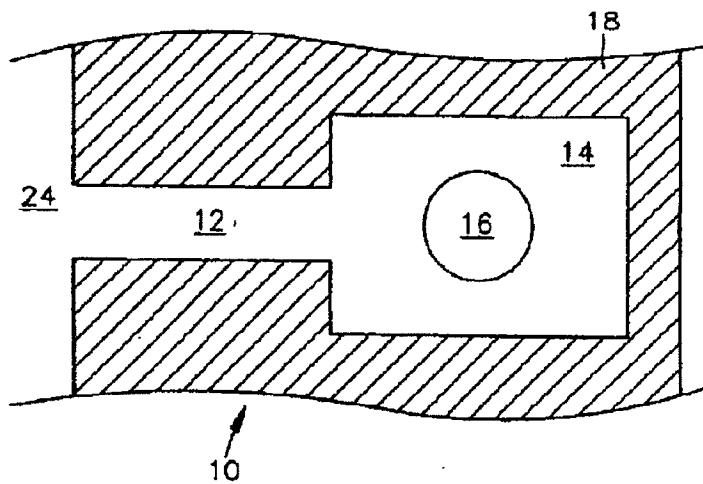
Fig. 8 is a schematic representation of a laser process for ablating a polymeric material to form nozzle plates according to the invention; and

Figs. 9 and 10 are plan views of portions of masks which used to form nozzle plates according to the invention.

【図1】



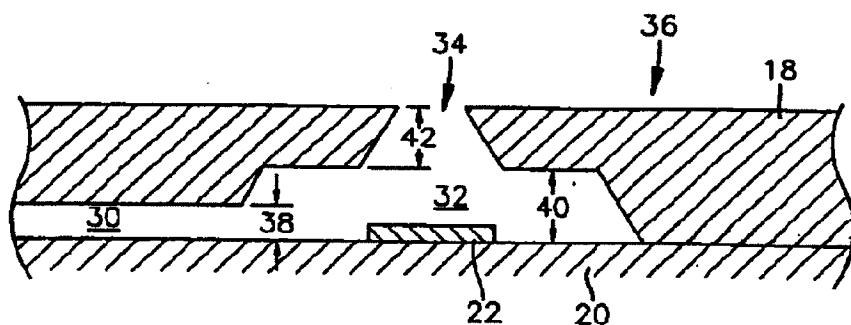
【図2】



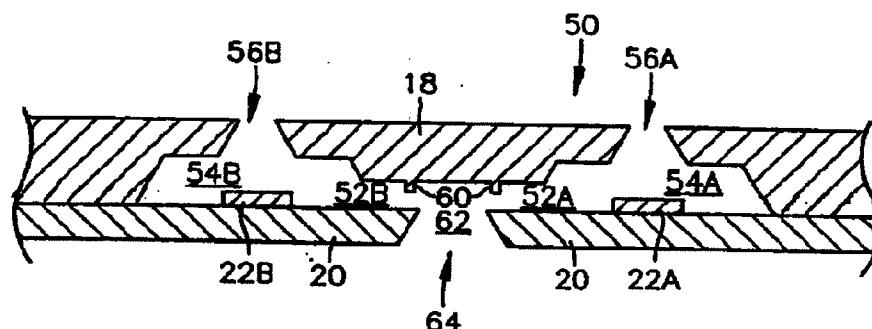
2 / 4

整理番号 LX19103

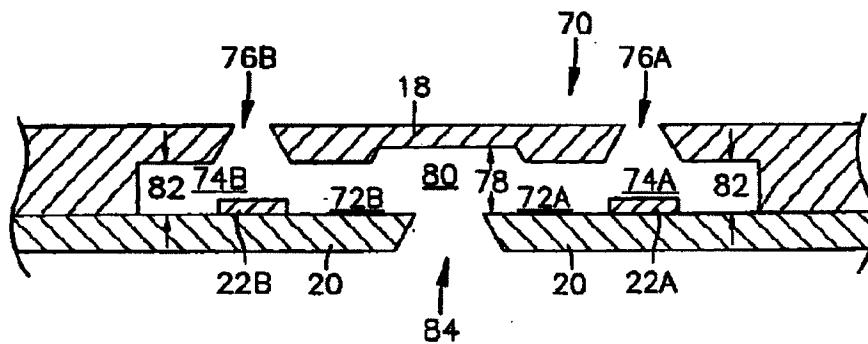
【図3】



【図4】



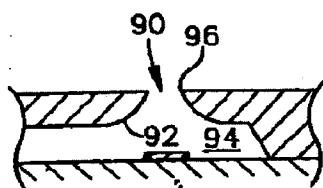
【図5】



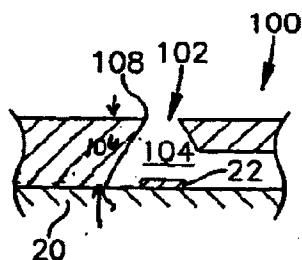
3 / 4

整理番号 LX19103

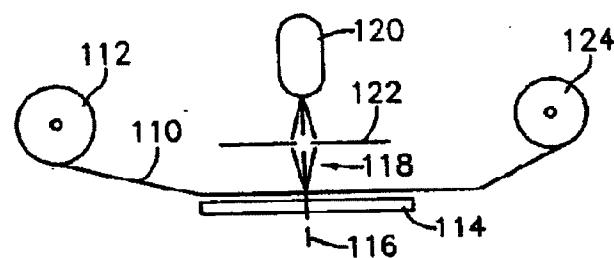
【図6】



【図7】



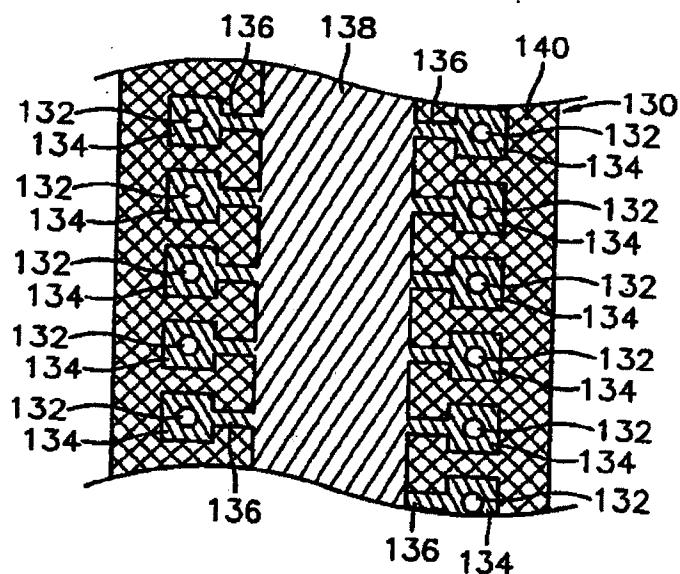
【図8】



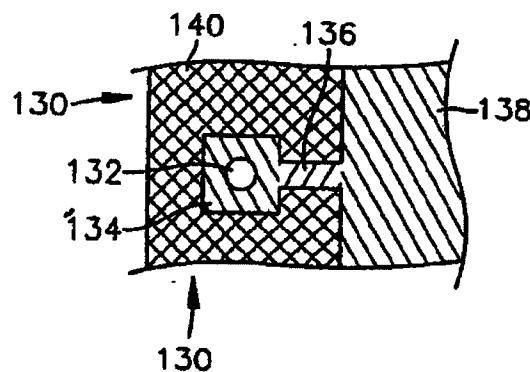
4 / 4

整理番号 LX19103

〔四九〕



【图10】



### 1. Abstract

The invention described in the specification relates to improved nozzle plate designs for ink jet printers and to apparatus and methods for making the nozzle plates. The nozzle plates of the invention are made from a polymeric material having a thickness sufficient to provide a plurality of flow features and nozzle holes aligned substantially along opposed edges of the nozzle plate wherein the flow features are ablated in the nozzle plates with depths which provide decoupling of the flow features from the nozzle holes so that the flow features and nozzle holes can be independently designed in order to optimize the nozzle plate to provide improved performance.

### 2. Representative Drawings

Fig. 1

